

AGUJEROS NEGROS

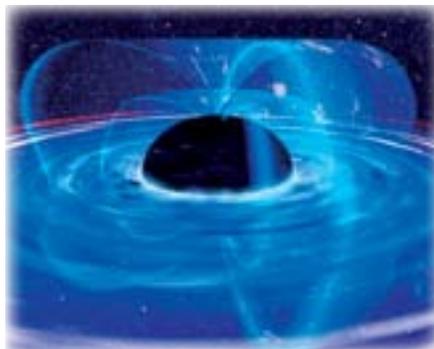


¿Qué es un agujero negro?

La mayoría de las personas creen que un agujero negro es un remolino voraz en el espacio que succiona todo lo que se encuentra a su alrededor. ¡Pero eso no es realmente cierto! Un agujero negro es un lugar donde la gravedad es tan intensa que la velocidad de escape es superior a la velocidad de la luz. Pero, ¿qué significa esto exactamente?

La gravedad es la fuerza que nos mantiene sobre la Tierra. Sin embargo, es posible vencerla. Si se arroja una piedra al aire, sólo se elevará una corta distancia antes de que la gravedad de la Tierra la frene y la haga bajar. Si es arrojada un poco más fuerte, subirá más rápidamente y alcanzará mayor altura antes de volver a bajar. Si fuera posible arrojar la piedra con la potencia necesaria, alcanzaría una velocidad tal que la gravedad de la Tierra no podría desacelerarla lo suficiente para detenerla. La piedra tendría suficiente velocidad para escapar de la Tierra.

La velocidad de escape de la Tierra es de 11 kilómetros por segundo (7 millas/segundo), aproximadamente. Sin embargo, la velocidad de escape desde un objeto depende de su gravedad: mayor gravedad implica mayor velocidad de escape, debido a que su gravedad atrae las cosas con mayor fuerza. La gravedad del Sol es mucho mayor que la de la Tierra; por lo cual, su velocidad de escape es también mucho mayor —más de 600 km/s (380 millas/segundo). Es decir, ¡3000 veces la velocidad de un avión a reacción!



El potente campo magnético generado por el material en el disco de acreción canaliza materia hacia los polos del agujero negro - NASA/Dana Berry.

Si se toma un objeto y se comprime para reducir su tamaño, o bien se apila masa sobre él, tanto su gravedad como su velocidad de escape aumentarán. Si continuamos este proceso, en algún momento obtendremos un objeto con tanta gravedad que la velocidad de escape sería mayor que la velocidad de la luz. Dado que esta última es el límite máximo de velocidad del universo, toda masa demasiado cercana al mismo quedaría atrapada para siempre. La luz no puede escapar, pues es como un pozo sin fondo: un agujero negro.

● ¿Cómo se forman los agujeros negros?

La manera más común de que se forma un agujero negro probablemente sea en una supernova, es decir, una estrella explosiva. Cuando una estrella con una masa 25 veces mayor que la del Sol finaliza su ciclo evolutivo, estalla. La parte externa de la estrella es lanzada hacia el exterior a alta velocidad, pero la parte interna de la misma, su núcleo, colapsa. Si hay suficiente masa, la gravedad del núcleo colapsante ejercerá una fuerte presión sobre ella hasta transformarla en un agujero negro. Cuando todo haya terminado, el agujero negro tendrá una masa varias veces mayor que la del Sol. Este “agujero negro de masa estelar”, tal como se lo denomina, es lo que algunos astrónomos consideran un agujero negro “común”.

Sin embargo, también existen verdaderos monstruos, denominados agujeros negros supermasivos. Se ocultan en los centros de las galaxias y son enormes; su tamaño puede ser millones o aun miles de millones de veces la masa del Sol! Probablemente se hayan formado en el mismo momento que sus galaxias de origen, pero desconocemos cómo ocurrió exactamente. Quizás cada uno haya comenzado su ciclo evolutivo como una

estrella gigante separada, que luego explotó para dar origen a un agujero negro y posteriormente acumuló más material (incluso otros agujeros negros). Según los astrónomos, en el centro de casi toda gran galaxia existiría un agujero negro supermasivo, incluida nuestra propia Vía Láctea.



Una protuberancia redondeada hecha de materia se forma alrededor de un agujero negro obstruyendo su vista. Se miran dos remolinos de alta velocidad que salen por cada lado del centro de acreción. ESA, V. Beckmann (GSFC)

Los agujeros negros de masa estelar también se forman cuando dos estrellas de neutrones en órbita —núcleos estelares ultradensos, remanentes de determinado tipo de supernova— se fusionan para producir una descarga breve de rayos gamma, es decir, un tremendo estallido de energía perceptible en todo el universo visible. Las descargas de rayos gamma marcan, en cierto sentido, el nacimiento de los agujeros negros.

● ¿Qué sucede si una persona cae en un agujero negro?

Si una persona cae en un agujero negro, está condenada a morir. Claro, una vez allí dentro, nunca más podrá salir, pero probablemente muera antes de entrar.

Cuanto más nos acercamos a un objeto, más sentimos su gravedad. Si nos acercamos a un agujero negro de masa estelar anteponiendo los pies, la fuerza de gravedad sobre estos puede ser miles de veces mayor que la fuerza ejercida sobre la cabeza. En consecuencia, seríamos estirados y destrozados como si fuéramos de melaza. Irónicamente, los científicos se refieren a este proceso como “espaguetificación” (es decir, estiramiento como un espagueti). Cuando la persona alcance al agujero negro, sólo será un delgado flujo de materia de muchos kilómetros de largo. Sin embargo, no sentirá dolor: aunque caiga desde miles de kilómetros de distancia, todo este sangriento episodio habrá finalizado en apenas milésimas de segundo.

Y posiblemente no llegue tan lejos. Algunos agujeros negros devoran la materia vorazmente, “robándosela” a una estrella compañera en órbita o, en el caso de los agujeros negros supermasivos, a las nubes de gas que los rodean.

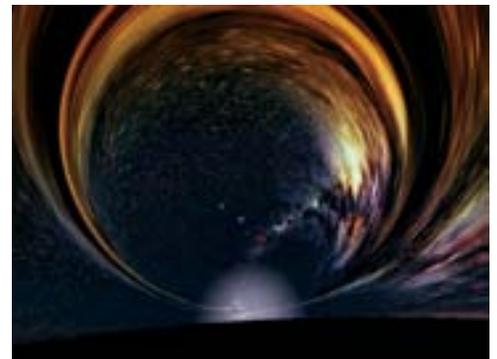
A medida que la materia va cayendo, se acumula en un disco ubicado justo fuera del agujero. Orbitando a enormes velocidades, la materia acumulada en este disco de acreción se vuelve extremadamente caliente y alcanza temperaturas de millones de grados. En ese momento, comienza a expulsar radiación, especialmente rayos X de alta energía. Mucho antes de que el agujero negro pueda destrozarlo, quedará frito por la luz.

Pero supongamos que de alguna manera logra sobrevivir a este viaje. ¿Qué otras cosas extrañas nos aguardan en nuestro recorrido hacia el infinito?

Pasado el punto en que la velocidad de escape supera la velocidad de la luz, ya no es posible salir. Esta región se denomina horizonte de eventos. Su nombre se debe al hecho de que no puede escaparse ninguna información desde el interior, con lo cual todo evento que ocurra allí dentro quedará excluido para siempre de nuestro horizonte.

Si el agujero negro está girando, su interior será un auténtico caos. A medida que la materia que cae se vuelve sobre el flujo entrante, se forma un enorme torbellino capaz de aplastarnos tal como lo haría una vertiente de agua debajo de una catarata. En el núcleo mismo del agujero negro, la materia bullente finalmente se colapsa por completo hasta cierto punto.

Cuando eso sucede, no sólo nuestra matemática resulta insuficiente, sino también nuestra intuición. Es como si la materia hubiera desaparecido del universo. Sin embargo, su masa aún existe. En esa singularidad, el espacio y el tiempo tal como los conocemos llegan a su fin.



La gravedad intensa alrededor de un agujero negro crea múltiples imágenes de objetos de fondo en un lente gravitacional - JILA/University of Colorado, Boulder/A. Hamilton.

Los astrónomos utilizan satélites de rayos X para observar la materia que cae dentro de un agujero negro

La materia que cae dentro de un agujero negro puede alcanzar una temperatura de millones de grados

● Si los agujeros negros son realmente negros, ¿cómo podemos hallarlos?

Si bien los agujeros negros en sí son invisibles, los dedos fantasmales de su gravedad dejan huellas al pasar. Algunas estrellas se forman en pares. Son los llamados sistemas binarios, donde las estrellas que los componen orbitan una alrededor de la otra. Estas estrellas pueden continuar orbitando aun en caso de que una de ellas se transforme en un agujero negro. Observando dichos sistemas cuidadosamente, los astrónomos pueden medir la órbita de la estrella normal y determinar la masa del agujero negro. Sin embargo, sólo unos pocos sistemas binarios tienen agujeros negros, de modo que es necesario saber cuáles son los sistemas que se han de observar. Afortunadamente, los astrónomos han descubierto una señal que indica el camino hacia los agujeros negros: los rayos X.

Tal como mencionamos anteriormente en “¿Qué sucede si una persona cae en un agujero negro?”, si un agujero negro se “devora” la materia de una estrella compañera, dicha materia se calienta mucho y emite rayos X. Esto es un indicio que permite identificar la fuente como un agujero negro. Por eso, los astrónomos desean construir vehículos espaciales equipados con detectores especiales que puedan “ver” los rayos X. De hecho, los agujeros negros son tan buenos emisores de rayos X que miles de ellos pueden ser detectados de esta forma. Observatorios en satélites como Chandra, pueden ver agujeros negros binarios de masa estelar en galaxias cerca y dentro de nuestra galaxia, la Vía Láctea.

Satélites como el Fermi estudian chorros de partículas cargadas que son aceleradas casi a la velocidad de la luz los cuales crean rayos gamma. Fermi descubrirá miles de agujeros negros que emiten chorros de rayos gamma. Algunos de estos agujeros tal vez se encuentren a una distancia de billones de años luz.

Los agujeros negros, ¿son realmente negros?

Aunque parezca sorprendente, ¡es posible que los agujeros negros no sean totalmente negros!

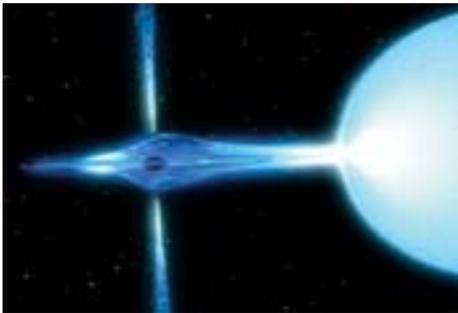
- *El material que cae en ellos puede llegar a resplandecer debido a su elevada temperatura*

- *A veces, los agujeros negros son tan luminosos que brillan más que toda una galaxia.*

- *Los agujeros negros supermasivos pueden ser tan luminosos que podemos verlos desde distancias de billones de años luz.*

- *El nacimiento de un agujero negro de masa estelar produce un destello de radiación tan intenso que puede brillar más que galaxias enteras, ¡y verse claramente en todo el universo visible!*

● ¿De qué manera los agujeros negros afectan los objetos cercanos a ellos?



Una estrella normal que acompaña a un agujero negro es absorbida. Un disco de acreción y chorros de materia se forman. NASA/Honeywell Max-Q Digital Group.

¿Estamos en riesgo de ser engullidos por un agujero negro? En realidad, no. Estamos bastante a salvo.

La fuerza de gravedad de un agujero negro es sólo peligrosa estando muy cerca de él. Es sorprendente pero, a gran distancia, su gravedad no difiere mayormente de la de una estrella de

igual masa. La fuerza de gravedad depende de la masa del objeto y de la distancia que nos separa del mismo. Si el Sol fuera a transformarse en un agujero negro (a no preocuparse, pues es demasiado liviano para que esto pueda suceder), tendría que encogerse tanto que su horizonte de eventos sería de apenas 6 km (4 millas) de diámetro. Desde la Tierra, a una distancia de 150 millones de kilómetros (es decir, 93 millones de millas), sentiríamos exactamente la misma gravedad que sentimos antes de que el Sol dejara de ser una estrella normal. Esto se debe a que no se habrán modificado ni la masa del Sol ni la distancia que nos separa de él. Sin embargo, si nos acercásemos al agujero negro hasta situarnos a unos pocos kilómetros, ¡sin duda sentiríamos la diferencia!

Podríamos decir entonces que los agujeros negros no deambulan de un lado a otro destrozando estrellas y engullendo todo lo que tienen a la vista. Las estrellas, los gases, los planetas y demás cosas tendrían que encontrarse sumamente próximos a un agujero negro para ser atrapados por él. Pero el espacio estelar es grande. La probabilidad de que ello ocurra es bastante pequeña.

Pero todo es diferente cerca de un agujero negro supermasivo ubicado en el centro de una galaxia. A intervalos de unos cientos de miles de años, alguna estrella siempre pasa demasiado cerca de tales agujeros negros y es destruida. Esto produce un estallido de rayos X que resulta visible... ¡durante décadas! Sucesos de este tipo ya se han observado en otras galaxias. El fin principal de satélites como Chandra es justamente identificarlos, ya que de otra manera serían considerados agujeros negros “inactivos”.

Los astrónomos han descubierto otra cosa sorprendente acerca de las galaxias: cuanto más masivo es el agujero negro central de una galaxia, las estrellas en su región interna orbitan tanto más rápidamente alrededor del centro galáctico. Teniendo en cuenta que la velocidad de una estrella corresponde a la masa interna de su galaxia —y un enorme agujero negro es sólo una pequeña fracción de dicha masa—, los astrónomos llegaron a la conclusión de que la masa total de la región interna de una galaxia es proporcional a la masa (relativamente muy pequeña) de su agujero negro central. Es como si la formación del agujero negro influyera sobre la formación billones de estrellas normales a su alrededor.

Fermi investigará una gran cantidad de galaxias activas para determinar si es que los chorros de materias emitidos por agujeros negros super masivos influyen en algo en las estrellas cerca de los centros de las galaxias.

El agujero negro más cercano conocido hasta el momento se encuentra a 1600 años luz de distancia

☉ ¿Pueden utilizarse los agujeros negros para viajar por el espacio-tiempo?

Siempre ha sido un cliché de la ciencia ficción utilizar los agujeros negros para viajar a través del espacio.

Basta sumergirse en uno de ellos para emerger en otra región del universo, tras haber viajado miles de años luz en un cerrar de ojos.

Pero eso es ficción. En la realidad, lo más probable es que no funcione. Los agujeros negros deforman el espacio y el tiempo, como si perforaran la trama del universo. Existe la teoría de que, si esto ocurre, un agujero negro puede formar un túnel en el espacio denominado agujero de gusano (por parecerse al túnel que hacen los

gusanos al atravesar una manzana comiendo su interior). Ingresando en un agujero de gusano, apareceríamos en algún lugar lejano sin necesidad de recorrer la distancia real.

Según parece, desde el punto de vista matemático, la formación de agujeros de gusano es posible, pero serían extremadamente inestables o deberían estar constituidos por formas teóricas de materia que posiblemente no ocurran en la naturaleza. La conclusión es que probablemente los agujeros de gusano no existan. Cuando inventemos los viajes interestelares, tendremos que recorrer un largo camino.

Los astrónomos creen que, cada día, ¡hace al menos un agujero de gusano!

☉ ¿Qué podemos aprender con el estudio de los agujeros negros?

Los agujeros negros representan el punto final y definitivo de la materia. Deforman y destruyen el espacio y el tiempo hasta el límite lo imaginable. Pero también nos enseñan mucho sobre cómo funciona el universo.

El estudio de los agujeros negros nos ayuda a comprender el crecimiento de las galaxias en el que se encuentran los agujeros.

¿Qué sucede en el borde mismo del agujero negro, donde la luz no puede escapar, donde el espacio y el tiempo intercambian lugares, donde incluso la Teoría de la Relatividad General de Einstein puede llegar a quebrarse? Los agujeros negros constituyen un laboratorio natural donde podemos encontrar la respuesta a dichas preguntas.

Einstein predijo que al formarse un agujero negro, puede originar ondulaciones en la trama del espacio, similares a las olas que se forman tras arrojar una piedra en un estanque. Hasta hoy no se han detectado tales ondas gravitacionales, pero los científicos están desarrollando experimentos para buscarlas. De ser detectadas, con seguridad nos darían mucha información sobre el modo en que actúa la gravedad. Asimismo, algunos científicos suponen que las ondas gravitacionales se originaron con la Gran Explosión, o Big Bang. Si fuese posible detectarlas, sería como mirar hacia atrás hasta la Hora Cero, el comienzo mismo de la existencia.

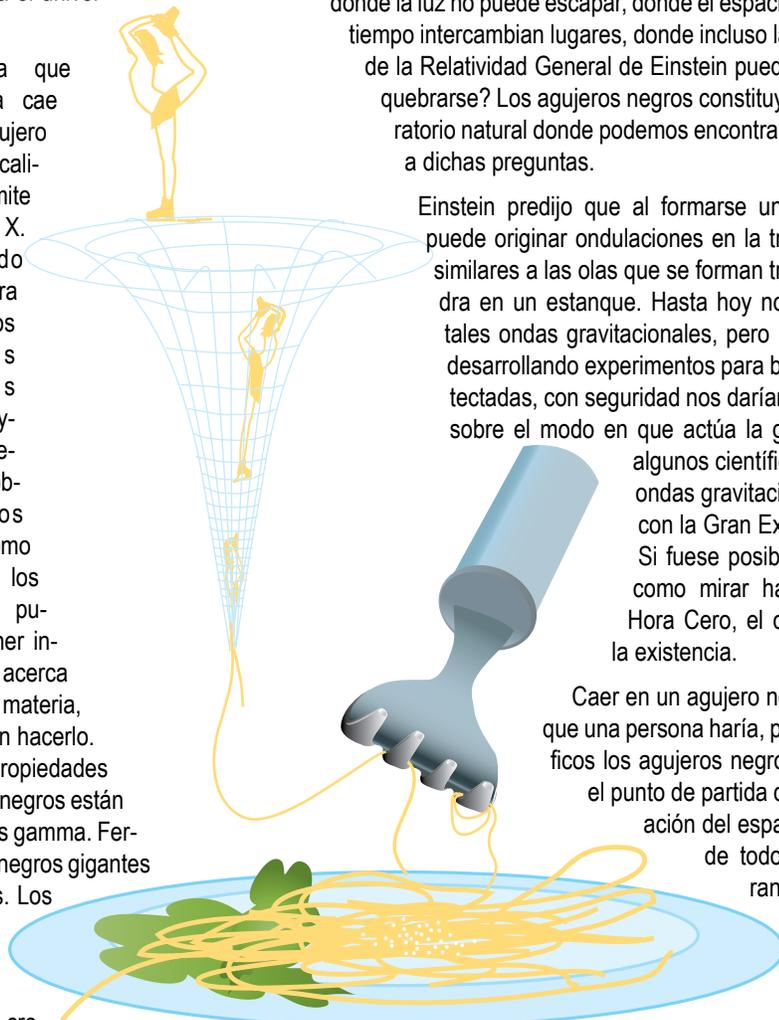
Caer en un agujero negro sería lo último que una persona haría, pero para los científicos los agujeros negros son justamente el punto de partida de nuestra exploración del espacio, del tiempo y de todo lo que encierran.



El desplome del núcleo de una estrella masiva desata una erupción de rayos de gamma. NASA, Dana Berry.

A medida que la materia cae en un agujero negro, se calienta y emite rayos X. Estudiando la manera en que los agujeros negros emiten rayos X, mediante observatorios tales como Chandra, los científicos pueden obtener información acerca

del modo en que los agujeros negros engullen la materia, cuánto pueden comer y con qué velocidad pueden hacerlo. Todo esto es fundamental para comprender las propiedades físicas de los agujeros negros. Algunos agujeros negros están lanzando chorros de partículas cargadas y rayos gamma. Fermi está descubriendo muchos de los agujeros negros gigantes que se encuentran muy lejos en las galaxias. Los astrónomos estudian las erupciones y las llamaradas de los rayos gamma para poder aprender como es que funcionan estos procesos que van amoldeando el cre-



Representación artística de cómo los científicos se refieren a "espaguetificación" cerca de un agujero negro. SSU.NASA E/PO/A. Simonnet

● ¿Dónde están los agujeros negros?

¡Los agujeros negros están en todas partes! Según la información disponible, los astrónomos consideran que, tan solo en nuestra galaxia, la Vía Láctea, probablemente existan millones de agujeros negros. Eso puede parecer un gran número, pero el más cercano que han descubierto se encuentra a 1600 años luz, una distancia bastante considerable: ¡unos 16 mil millones de millones de kilómetros! Digamos que está demasiado lejos para afectarnos. El agujero negro gigante ubicado en el centro de nuestra galaxia se encuentra todavía más lejos: está a 26,000 años luz, de modo que no corremos peligro de ser succionados por el torbellino.

Para ser peligroso, un agujero negro tendría que hallarse muy cerca de nosotros, probablemente a menos de un año luz de distancia. No solo no hay ningún agujero negro tan cercano, sino que no hay ninguno que pueda llegar a acercarse tanto. Entonces, no debemos preocuparnos por quedar “espaguetizados” en el futuro cercano.



La estrella de neutrones acompañante entra en espiral en el agujero negro conforme se junta y es destruida por el agujero negro. NASA/CXC/M. Weiss

Fermi

El telescopio espacial de rayos gamma Fermi es un observatorio que fue construido por NASA para estudiar los lugares más energéticos y extremos en el universo como lo son los agujeros negros. Fermi se encuentra en órbita alrededor de la Tierra desde junio del 2008 y estudia el espacio con el telescopio más sensible en la historia. Fermi es capaz de observar los rayos gamma emitidos por los agujeros negros supermasivos en el centro de las galaxias más lejanas.



SSU NASA E/PO, A. Simonnet

Es probable que nuestra galaxia, la Vía Láctea, albergue millones de agujeros negros de masa estelar, pero sólo hay en ella un único agujero negro supermasivo, ubicado justo en el centro, que inclina la balanza cósmica hasta 4 millones de veces la masa del Sol. No obstante, no debemos preocuparnos. Estamos a casi 26,000 años luz de distancia, demasiado lejos como para caer en él.

Glosario

Agujero de gusano: Atajo teórico a través del espacio que se produce cuando un agujero negro perfora la trama del espacio-tiempo. Si bien desde el punto de vista matemático la formación de agujeros de gusano es posible, en la realidad probablemente no existan.

Descarga de rayos gamma: Explosión titánica de luz de alta energía que, según se cree, responde a la formación de un agujero negro.

Disco de acreción: Disco de materia que se forma al caer gran cantidad de material dentro de un agujero negro. Se encuentra fuera del horizonte de eventos del agujero negro. La fricción y otras fuerzas calientan el disco de tal forma que comienza a emitir luz.

Explosión de rayos gamma: Una explosión de luz titánica de alta energía que se cree es debido a la formación de un agujero negro.

Gravedad: Fuerza de atracción de un objeto que depende de su masa y de la distancia que

nos separa del mismo. Cuanto más masivo sea un objeto, o cuanto más cerca nos encontremos de él, tanto mayor será su fuerza de gravedad.

Horizonte de eventos: Distancia desde el centro de un agujero negro a la cual la velocidad de escape es igual a la velocidad de la luz.

Supernova: Estrella que explotó o que está explotando.

Velocidad de escape: Velocidad necesaria para que un objeto quede esencialmente liberado del efecto gravitacional de otro.

Créditos:

Agujeros negros: de aquí a la eternidad” fue desarrollado como parte de los programas educativos de Fermi para NASA Fermi y los programas de extensión educativa y pública (E/PO) de la NASA en la Universidad Estatal de Sonoma (SSU), California, bajo la dirección de la profesora Lynn Cominsky.

Escrito por el Dr. Philip Plait. Diseño y compaginación de Aurore Simonnet. Colaboración especial del Dr. Kevin McLin y los científicos de Fermi Dr. Steve Ritz y Dr. David Thompson. Traducido al español por la Dr. Thelma Y. García.

Referencias:

Página principal de Fermi: <http://www.nasa.gov/fermi>
SSU E/PO: <http://epo.sonoma.edu>

www.nasa.gov